日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: ２００２年１０月１６日

出願番号
Application Number: 特願２００２－３０１９６１

[ST. 10/C]: [ＪＰ２００２－３０１９６１]

出願人
Applicant(s): 株式会社アルバック

２００３年　８月１５日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office 今井康夫

出証番号　出証特２００３－３０６６７８９

【書類名】　特許願

【整理番号】　K020176

【提出日】　平成14年10月16日

【あて先】　特許庁長官　殿

【国際特許分類】　H01L 21/203

C23C 14/34

【発明者】

【住所又は居所】　千葉県山武郡山武町横田５２３　株式会社アルバック千葉超材料研究所内

【氏名】　森中　泰三

【発明者】

【住所又は居所】　千葉県山武郡山武町横田５２３　株式会社アルバック千葉超材料研究所内

【氏名】　鈴木　　寿弘

【発明者】

【住所又は居所】　千葉県山武郡山武町横田５２３　株式会社アルバック千葉超材料研究所内

【氏名】　谷　　典明

【特許出願人】

【識別番号】　000231464

【住所又は居所】　神奈川県茅ヶ崎市萩園２５００番地

【氏名又は名称】　株式会社アルバック

【代理人】

【識別番号】　100060025

【弁理士】

【氏名又は名称】　北村　欣一

【電話番号】　03-3503-7811

【選任した代理人】

【識別番号】　100099287

【弁理士】

【氏名又は名称】　吉岡　正志

【手数料の表示】

【予納台帳番号】　012449

【納付金額】　21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】　明細書　1

【物件名】　図面　1

【物件名】　要約書　1

【包括委任状番号】　0108838

【プルーフの要否】　要

【書類名】明細書

【発明の名称】薄膜形成装置及び薄膜形成方法

【特許請求の範囲】

【請求項１】ともに基板に対向するスパッタ成膜源と反応ガス源との両原料供給源を真空室内に設けた薄膜形成装置において、前記真空室の真空排気を行う主排気口を前記両原料供給源のうち前記反応ガス源寄りに配設し、反応ガス導入口と反応ガス排出口とを設けた前記反応ガス源を作動させる反応工程と、スパッタガス導入口を設けた前記スパッタ成膜源を作動させる成膜工程とを、交互に行う制御系を備えることを特徴とする薄膜形成装置。

【請求項２】前記反応ガス源がマイクロ波プラズマ発生装置から成り、該プラズマ発生装置に近設した前記主排気口と前記反応ガス排出口とにそれぞれコンダクタンス調整弁を備えることを特徴とする請求項１に記載の薄膜形成装置。

【請求項３】請求項１または２に記載の薄膜形成装置を用い、成膜時にスパッタガス及び反応ガスを継続して供給した状態で、前記両原料供給源のうち、前記スパッタ成膜源のみを作動させて行う成膜工程と、前記反応ガス源のみを作動させて行う反応工程とを、交互に繰り返すことを特徴とする薄膜形成方法。

【請求項４】請求項１または２に記載の薄膜形成装置が備える制御系は、あらかじめ、所定のスパッタガス流量における反応ガス流量と、該反応ガス流量に応じて高速金属種成膜モードと低速化合物種成膜モードと中間成膜モードとの高中低速３モードから成るスパッタ成膜速度とを参照データとして記憶し、前記所定のスパッタガス流量下の成膜時に、前記高速金属種成膜モードに対応する前記反応ガス流量と前記スパッタガス流量とを選択し、該選択された反応及びスパッタの両ガス流量比を保つように該両ガス流量を制御して、前記成膜工程と前記反応工程とを繰り返すことを特徴とする薄膜形成方法。

【請求項５】前記成膜工程中の薄膜の膜厚成長を、一成膜工程あたり２０Å以下とすることを特徴とする請求項３または４に記載の薄膜形成方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、薄膜形成装置及び薄膜形成方法に関し、特に、金属化合物膜の形成装置及びこれに用いる薄膜形成方法に関する。

【０００２】

【従来の技術】

光学素子分野において、スパッタ法を用いて金属化合物薄膜（酸化膜、窒化膜、フッ化膜等）を高速で精度良く形成することが要求されている。

【０００３】

しかしながら、スパッタ法により薄膜形成を行う場合、金属薄膜形成の場合と異なり、例えば金属酸化物などの金属化合物から成るターゲットを用いると薄膜堆積速度が非常に遅くなる。このため、金属ターゲットを用い、スパッタ雰囲気中に反応ガス（例えば酸素、窒素、フッ素ガスなど）を導入する反応性スパッタ法により金属化合物薄膜の成膜を行う場合もあるが、反応ガスの供給を過大にするとスパッタ成膜速度が著しく低下することがある。

【０００４】

そこで、高い成膜速度を維持するために、最初に、スパッタ法により金属から成る超薄膜を基板上に堆積し、次に、反応ガスを起源とするプラズマや活性種をこの超薄膜に対して照射してこれを金属化合物薄膜に変換し、さらに、このような超薄膜堆積と化合物薄膜変換との工程を複数回繰り返すことにより、所望膜厚の金属化合物膜を形成する方法が開示されている（例えば、特許文献１乃至４）。

【０００５】

ところが、これらの従来方法のための成膜装置では、スパッタ領域と反応領域との間で基板を繰り返して移動させるため、膜厚を高精度で制御することが難しく、また、装置構成の大型化、複雑化を伴うという問題がある。

【０００６】

即ち、特許文献１及び２のスパッタ成膜装置は、図１で略断面図として示すようなカルーセル式に構成される。図１を参照して、装置１０内は、紙面左右方向のスパッタ成膜領域（金属成膜領域）１１と酸化領域（反応領域）１２と、中央部分の基板回転機構１３とが配置されている。そして、スパッタ成膜領域１１は

、ターゲット１４とこれと一体的に構成されたスパッタカソード１５とこれらの近傍に設けられたスパッタガス導入口１６とで構成され、また、酸化領域１２は、マイクロ波励起プラズマ発生装置１７とその近傍に設けられた酸素ガス導入口１８とで構成されている。また、基板回転機構１３は、基板１９が載置された状態で回転する回転ドラム１９ａで構成される。

【０００７】

このようにして構成されたスパッタ装置１０では、所定の圧力条件に設定された真空室内で、スパッタガス導入口１６と酸素ガス導入口１８とからそれぞれ所定流量のアルゴンガス及び酸素ガスが導入された状態で、回転ドラム１９ａが回転し、ターゲット１４とプラズマ発生装置１７とに基板１９が対向する際に、それぞれ成膜工程と酸化工程とが交互に行われる。

【０００８】

また、特許文献３及び４のスパッタ成膜装置は、図２で略断面図として示すような基板回転式に構成される。図２を参照して、装置２０内は、紙面左右方向のスパッタ領域（金属成膜領域）２１と酸化領域（反応成膜領域）２２とに分けられている。そして、金属成膜領域２１は、ターゲット２４とこれと一体的に構成されたスパッタカソード２５とこれらの近傍に設けられたスパッタガス導入口２６とで構成され、また、酸化領域２２は、マイクロ波励起プラズマ発生装置２７とその近傍に設けられた酸素ガス導入口２８とで構成されている。また、金属成膜領域２１と酸化領域２２との上方に、図外の回転基板ホルダに保持された回転基板２９が設けられている。本装置２０においては、所定の圧力条件に設定された真空室内で、スパッタガス導入口２６と酸素ガス導入口２８とからそれぞれ所定流量のアルゴンガス及び酸素ガスが導入された状態で、回転基板２９が回転し、ターゲット２４とプラズマ発生装置２７とに基板２９が対向する際に、それぞれ成膜工程と酸化工程とが交互に行われる。

【０００９】

上記した従来装置は、成膜工程を行うスパッタ成膜領域１１、２１と反応工程を行う反応領域１２、２２とに交互に出入できるように基板１９、２９を回転させる方式を採用しているが、成膜対象である基板位置が常に変化するため、安定

した信頼性の高い成膜を行うことは難しい。また、この装置構成に要する回転機構は装置の大型化、複雑化を伴うことは前述した通りである。

【００１０】

また、図１及び図２においては、スパッタ成膜領域１１及び２１と反応領域１２及び２２とを隔壁１０ａ及び２０ａにより空間的に分割している。しかしながら、各領域を気密にすることは構造上難しく、基板１９及び２９が成膜領域と反応領域との間を移動する際に、反応工程用に導入した酸素ガスなどの反応領域の反応雰囲気を成膜領域側に持ち込むことになる。そして、これによりターゲット表面が変質するおそれがある。即ち、成膜条件の不安定化の危惧が常時あるため、安定した品質の成膜を妨げる重要な要因となっている。

【００１１】

このように成膜工程側に持ち込まれた残留ガスの干渉を排除するためには、反応工程終了時に反応ガスの供給を停止したうえで相当時間の真空作動排気を行って反応ガスを有効に除去した後に、成膜工程に移行することも考えられるが、このような方法は工程切り替えに長時間を要することになり極めて効率が悪い。

【００１２】

【特許文献１】

特開平１１－２５６３２７号公報（図１）

【特許文献２】

特開平３－２２９８７０号公報（第８図）

【特許文献３】

特公平８－１９５１８号公報（第４図）

【特許文献４】

米国特許４４２０３８５号明細書（図２及び図４）

【００１３】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、上記問題点に鑑み、簡素な装置構成で、信頼性に優れた成膜を効率的に行い得る薄膜形成装置及びこれを用いたときの薄膜形成方法を提供することを課題としている。

【００１４】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明は、ともに基板に対向するスパッタ成膜源と反応ガス源との両原料供給源を真空室内に設けた薄膜形成装置を、真空室の真空排気を行う主排気口を両原料供給源のうち反応ガス源寄りに配設し、反応ガス導入口と反応ガス排出口とを設けた反応ガス源を作動させる反応工程と、スパッタガス導入口を設けたスパッタ成膜源を作動させる成膜工程とを、交互に行う制御系を備える装置構成とした。

【００１５】

これによれば、真空室内は、主排気口による真空排気により、主排気口とスパッタ源との間にスパッタガス流路を成膜時に常時確立することができる。このため、反応ガス源から放出される反応ガスは、所望の反応のために励起されて基板方向に照射されるもの以外は、上記のスパッタガス流によるガスカーテンで遮蔽されるので、スパッタターゲットなどのスパッタ成膜源の近傍に滞留する事態が抑制される。したがって、反応ガス源から放出される反応ガスの供給停止せずにこれを常時供給する状態にしておいても、ある適当な条件下においては成膜速度の低下を回避できる。

【００１６】

このとき、反応ガスも含めた反応ガス源を上記のようなガスカーテンで隔離できるため、従来装置のように基板を回転させて成膜領域と反応領域とに交互に移動させる必要がなくなる。このようにすることにより、基板を静止させた固定成膜が可能になり成膜の信頼性が向上する。

【００１７】

このときの薄膜形成装置の具体的構成として、反応ガス源にマイクロ波プラズマ発生装置を用い、このプラズマ発生装置に近設した主排気口と反応ガス排出口とにそれぞれコンダクタンス調整弁を備えることにより、上記した反応ガスの常時供給を継続する条件が整う。

【００１８】

即ち、このようなコンダクタンス調整弁を用いると、スパッタガス及び反応ガ

スの流量比を調整できる。上記構成の薄膜形成装置を用いる場合、スパッタ成膜速度は、スパッタガス流量と反応ガス流量とを変数として、高速金属成膜領域と低速反応成膜領域と中間成膜領域との高中低速３領域から成る速度曲線上に収束する相関が認められる。換言すれば、所定のスパッタガス流量において反応ガス流量によりスパッタ成膜速度を上記高中低速３領域で制御でき、上記したコンダクタンス調整弁が流量調整機能を担うことになるのである。

【００１９】

このような薄膜形成装置を用いると、成膜時にスパッタガス及び反応ガスを供給し続けても、反応ガスによる成膜工程への影響やターゲット材質の変質が抑制されるため、成膜工程と反応工程との切り替えを短時間で行うことができるようになり、信頼性の高い効率的な成膜を可能にする。また、上記したように静止固定された基板を用いることができるため、回転基板機構を搭載するときの装置複雑化やこれに伴うコスト増を回避することができ、さらに、回転基板では適用が困難であるインライン式スパッタ成膜への転用も可能となる。

【００２０】

そして、上記薄膜形成装置を用いて、成膜時にスパッタガス及び反応ガスを継続して供給した状態で、両原料供給源のうち、スパッタ成膜源のみを作動させて金属超薄膜の高速成膜を行う成膜工程と、反応ガス源のみを作動させて金属超薄膜の膜厚方向に亘って化学反応を行う反応工程とを、交互に繰り返すことにより、良好な膜質を備えた金属化合物膜の成膜を所望膜厚まで効率的に行うことができる。

【００２１】

即ち、上記成膜時の薄膜形成装置の制御系により、あらかじめ、所定のスパッタガス流量における反応ガス流量と、この反応ガス流量に応じて高速金属種成膜モードと低速化合物種成膜モードと中間成膜モードとの高中低速３モードから成るスパッタ成膜速度とを参照データとして記憶し、所定のスパッタガス流量下の成膜時に、高速金属種成膜モードに対応する反応ガス流量とスパッタガス流量とを選択し、この選択された反応及びスパッタの両ガス流量比を保つように両ガス流量を制御する。これにより、スパッタ成膜速度の低下を招くことを回避でき、

さらに、このような成膜工程と反応工程とを繰り返すことにより、所望膜厚の成膜も可能となる。

【００２２】

なお、この場合に、上記した成膜工程中の薄膜の膜厚成長を、一成膜工程あたり２０Å以下に留めることが望ましい。このようにすれば、成膜工程で堆積形成した薄膜の膜厚に阻まれることなく、その超薄膜に対してその後の反応工程の化学反応が全体的に及び、良好な膜質の金属化合物膜を生成することができる。

【００２３】

【発明の実施の形態】

図３は、本発明の薄膜形成装置の第１態様を示す略断面図である。図３において、装置チャンバ３０下方底面上の一方の側面に近い領域には、Ｓｉターゲット３４を一体的に載置したカソード３５が設置されている。一体的に構成されたターゲット３４とカソード３５とは、スパッタガス導入口３６を内設した防着板３１により粒子出射方向を除いて覆われている。なお、カソード３５の作動にはＤＣ電源が用いられている。

【００２４】

また、装置チャンバ３０内下方底面上の他方の側面に近い領域にマイクロ波ガン３７が設置されており、マイクロ波ガン３７は、酸素ガス導入口３８を内設した防着板３２によりマイクロ波照射方向を除いて覆われる。さらに、防着板３２により覆われた底面には図中３３に示すターボ分子ポンプに連なる酸素ガス排気口４０が第１コンダクタンスバルブ４１を介して設けられ、マイクロ波ガン３７を内在するようなチムニー構造としている。

【００２５】

そして、上方領域には、基板ホルダ３９ａに保持された基板３９を固定して設け、基板３９に対してターゲット３４とマイクロ波ガン３７とがともに対向するように配置されている。さらに、装置チャンバ３０の側面に、第２コンダクタンスバルブ４２を介して図外の真空ポンプに連なる主排気口４３が設けられている。

【００２６】

このとき第１及び第２の両コンダクタンスバルブ４１、４２は、図外の制御系によりそれぞれの開度の増減を制御できるようにされている。さらに、装置チャンバ３０内下方底面中央には、隔壁４４が設けられている。ここで、隔壁４４は、その先端４４ａが、互いに対向する基板３９とターゲット３４とのそれぞれの最側端同士を直線で結んで形成される仮想的なスパッタ粒子飛行領域内と、互いに対向する基板３９とマイクロ波ガン３７とのそれぞれの最側端同士を直線で結んで形成される仮想的なマイクロ波照射領域内とに突出しないように配置される。

【００２７】

このような薄膜形成装置３０による成膜時に求められるのは、上記したように、酸素ガスの流入によるターゲット３４表面の変質を避けながら効率的に成膜を行うことであり、本発明では、図中にスパッタガス流として示したアルゴンガスによる遮蔽効果を利用する。

【００２８】

即ち、本装置３０の制御系により、スパッタガスを所定流量に固定した状態で、第２コンダクタンスバルブ４２の開度を調整して、一定圧力条件とし、酸素ガス流量を変更すると、各酸素ガス流量における成膜速度は、図４に示す相関を示す。図４では、スパッタガスとしてアルゴンを１００ｓｃｃｍ、成膜圧力を０．３Ｐａとした。図４のスパッタ成膜速度が高水準で推移する領域は、成膜速度の大きな金属種成膜モード（Metal mode）に対応し、スパッタ成膜速度が低水準で推移する領域は、成膜速度の小さな酸化物種成膜モード（Oxide mode）に対応する。さらに、金属種成膜モードから酸化物種成膜モードへの過渡期部分を中間成膜モードとして、スパッタ成膜速度をこれら高中低速３モードに分類することができる。

【００２９】

上記した金属種成膜モードでは、アルゴンガスによる遮蔽効果で酸素ガスの流入が防止され、基板に付着する堆積種が専ら金属種により行われ、このような金属種特有の高い成膜速度が維持される。一方、酸化物種成膜モードにおいては、酸素ガス流量の増大に伴ってアルゴンガスの遮蔽効果が低下し、酸素ガスを含ん

だ反応雰囲気が基板側に持ち込まれターゲットの変質などを生じさせて成膜速度の低下を招くのである。

【００３０】

ところで、金属種成膜モードにおいて専ら金属種から成る堆積種は化学的に活性であるため、相当の膜厚に形成される以前であれば、基板上へ堆積した後も反応性に富む。このため、ある程度の膜厚に形成された後に酸化反応を行うことにより、堆積膜がその全体に亘り膜厚方向に酸化される。そして、結果物として金属酸化物膜が形成されるが、上記の相当膜厚以上の薄膜形成が望まれるときは、専ら金属種による超薄膜堆積と酸化反応とを繰り返すことで対応可能である。このときの金属酸化物膜の成膜速度は、金属種成膜速度モードの金属種の高い成膜速度と、堆積した金属種に対する酸化反応速度とに依り、上記した酸化物種成膜モードの成膜速度に比べ格段に優れたものである。本発明装置は、このような効率的な成膜を行うためのスパッタガス及び反応ガスの流量調整機構と堆積膜反応機構とを備えるものである。

【００３１】

図３の装置３０を用いて基板３９上にSiO_2膜の成膜を行うに際しては、主排気口４３よりの真空排気を行って装置内部を所定の圧力状態とした後に、スパッタガス導入口３６より所定流量のアルゴンガスを導入すると共に、酸素ガス導入口３８より所定流量の酸素ガスを導入しながら、真空室内の圧力を所定の定常状態とする。このときのアルゴンガスと酸素ガスとの導入流量は、図外の制御系により第２コンダクタンスバルブ４２を調整することにより、例えば、０．３Ｐａでの定常圧力下でアルゴンガス１００ｓｃｃｍに対して酸素ガス５０ｓｃｃｍ程度の流量差とする。この流量比は、ターゲット３４表面が酸化されないようにアルゴンガスによる遮蔽効果が十分発揮され、さらにこれにより比較的高速のスパッタ成膜速度が維持できるように設定される。なお、このような流量比については、図３の装置内部に設けたイオンゲージＡ（アルゴンガス用）及びイオンゲージＢ（酸素ガス用）によりおおよその傾向を確認することができる。

【００３２】

そして、図外のＤＣ電源によりＳｉターゲット３４への所定電力（例えば１ｋ

W）を投入したうえでカソード３５を出力待機状態とする。一方、マイクロ波ガン３７に接続するマイクロ波電源（図示せず）により所定電力（例えば０．５ｋW）を投入したうえでマイクロ波プラズマの照射を出力待機状態とする。

【００３３】

この状態で、上記した制御系により、カソード電源の作動による成膜工程とマイクロ波電源の作動による酸化工程（反応工程）とをそれぞれ所定時間ずつ交互に繰り返して行う。このとき、成膜工程及び酸化工程に亘って酸素ガスより優勢な流量のアルゴンガスのガス流路がアルゴンガス導入口３６近傍から主排気口４３方向に常時確立される。このため、酸素ガス導入口３８から導入される酸素ガスは、マイクロ波電源の作動によりマイクロ波に励起され、酸素プラズマとして基板３９方向に照射されるものを除いて、上記したアルゴンガス流に合流して主排気口４３から排出される。したがって、酸素ガス導入口３８から酸素ガスが常時導入されても、アルゴンガス流がその遮蔽効果を発揮してエアカーテンとなり、酸素ガスが基板３９やターゲット３４の近傍に残留することが抑制される。したがって、上記したターゲットの酸化や基板近傍の酸素分圧の増加などによる成膜速度の変化や膜質の変化が防止される。そして、これにより、基板３９上への堆積は上記した金属種成膜モードに保たれるので、比較的大きな成膜速度が確保されることになる。

【００３４】

さらに、本発明の薄膜形成装置３０においては、防着板３２で囲まれた空間内に補助的に、第１コンダクタンスバルブ４１を介した酸素ガス排出口４０を設けており、図外の制御系により、酸素ガス排出口４０と主排気口４３とによる差動排気を行うことで、酸素ガスの排出調整が行われ、ターゲットの酸化を確実に防止する。これは、スパッタガスの流量が少ない場合や、より低圧力でスパッタ成膜する場合に有利となる。上記した第１及び第２の両コンダクタンスバルブ４１、４２を調整する制御系は、あらかじめ、所定のアルゴンガス流量における酸素ガス流量と、この酸素ガス流量に応じて高速金属種成膜モードと低速化合物種成膜モードと中間成膜モードとの高中低速３モードに分類されるスパッタ成膜速度とを参照データとして記憶しており、上記した所定のスパッタガス流量下の成膜

時に、高速金属種成膜モードに対応する酸素ガス流量とアルゴンガス流量とを選択し、このように選択された酸素ガス及びアルゴンガスの両ガス流量比を保つようにこれらの流量を制御するようにしている。

【００３５】

なお、本酸素ガス排出口４０からは、スパッタガス流中のアルゴンガスも排気されるが、相対的に主排気口４３の排気能力が勝っているため、上記したアルゴンガス導入口３６近傍から主排気口４３方向に確立されるアルゴンガス流路が大きく変動することはない。このような状況は、上記した０．３Ｐａでの定常圧力下のアルゴンガス１００ｓｃｃｍ及び酸素ガス５０ｓｃｃｍの流量において、例えば、主排気口４３に口径１２インチのクライオポンプ（図示せず）を接続し、酸素ガス排出口４０に口径６インチのターボ分子ポンプ３３を接続することにより実現される。

【００３６】

図５は、本発明の薄膜形成装置の第２態様を示す略断面図である。図３の薄膜形成装置３０と異なるのは、装置５０がインライン式成膜装置内の成膜室として構成されている点である。このようなインライン式成膜装置は、近年のプロセス工程の増加や基板大型化に伴い、多用される傾向にあり、本態様では、図５の紙面表裏方向に基板３９が搬送される。本発明装置は、従来例と異なり基板が移動しないため装置構成が簡便となりこのようなインライン化への転用も容易である。

【００３７】

図５のように構成された成膜室５０内で、基板３９上にSiO_2膜の成膜を行うに際しては、搬送方向（図５の紙面の表裏方向）より基板３９を搬入した後に、装置内部を所定の圧力状態とした後に、スパッタガス導入口３６より所定流量のアルゴンガスを導入すると共に、酸素ガス導入口３８より所定流量の酸素ガスを導入しながら、成膜室内の圧力を定常状態とする。このとき、図外の制御系で第２コンダクタンスバルブ５２を調整することにより、図３の装置３０の場合と同様に、アルゴンガスにより遮蔽効果が確立される。

【００３８】

そして、図外のＤＣ電源によりＳｉターゲット３４に所定電力を投入したうえでカソード３５を出力待機状態とし、マイクロ波ガン３７に接続するマイクロ波電源（図示せず）により所定電力を投入したうえでマイクロ波プラズマの照射を出力待機状態とする。

【００３９】

この状態で、上記の制御系により、カソード電源の作動による成膜工程とマイクロ波電源の作動による酸化工程とをそれぞれ所定時間ずつ交互に繰り返して行う。このとき、両工程に亘ってアルゴンガス導入口３６近傍から主排気口５３方向にアルゴンガス流が確立される。酸素ガス導入口３８から導入される酸素ガスは、マイクロ波電源の作動によりマイクロ波に励起されて酸素プラズマとして基板３９方向に照射されるものを除いて、上記したアルゴンガス流に合流して主排気口５３から排出される。

【００４０】

即ち、酸素ガス導入口３８から酸素ガスが常時導入されても、アルゴンガス流が酸素ガスの遮蔽を行うエアカーテンとなり、上記したターゲットの酸化や基板近傍の酸素分圧の増加などによる成膜速度の変化や膜質の変化の防止が可能となる。さらに、これにより、金属種堆積モード特有の比較的高い成膜速度が確保されるのは図３の薄膜形成装置３０の場合と同様である。さらに、薄膜形成装置５０においても、防着板３２で囲まれた空間内に酸素ガス排出口４０を補助的に設けており、図外の制御系により、酸素ガス排出口４０及び主排気口５３の排気コンダクタンスを適宜調整することにより差動排気を行うことや、これにより酸素ガスの排出調整を行うこと、さらに、ターゲットの酸化防止が確実になることや、制御系により第１及び第２の両コンダクタンスバルブ４１、５２を調整することなども図３の薄膜形成装置３０と同様である。

【００４１】

なお、本第２の態様においても、図３の装置３０の場合と同様に固定成膜を行うものとしたが、インライン装置の搬送方向（図５の紙面表裏方向）に基板３９を搬送させながら行う通過成膜を行うものとしても良い。このような対応を行うことにより、タクトタイムが短縮されたインライン式本来の効率的な成膜を行う

ことができる。

【００４２】

この種の通過成膜用のインライン装置の略断面図を、本発明の薄膜形成装置の第３態様として図６に示す。図５の薄膜形成装置５０と異なるのは、装置６０の主排気口６３がマイクロ波ガン３７の近傍の底面に設けられていることである。このようなインライン式成膜装置では、図６の紙面左右方向に基板３９が搬送される。

【００４３】

図６のように構成された成膜室６０内で、基板３９上にSiO_2膜の成膜を行うに際しては、仕切弁６４、６５を介して基板３９を搬入し、装置内部を所定の圧力状態とした後に、スパッタガス導入口３６より所定流量のアルゴンガスを導入すると共に、酸素ガス導入口３８より所定流量の酸素ガスを導入しながら、成膜室内の圧力を定常状態とする。このとき、図外の制御系で第２コンダクタンスバルブ６２を調整することにより、図５の装置５０の場合と同様に、アルゴンガスにより遮蔽効果が確立されている。

【００４４】

また、図外のＤＣ電源によりＳｉターゲット３４に所定電力を投入したうえでカソード３５を出力待機状態とし、マイクロ波ガン３７に接続するマイクロ波電源（図示せず）により所定電力を投入したうえでこのマイクロ波プラズマの照射を出力待機状態とする。

【００４５】

そして、紙面左右方向に搬送されて来た基板３９の先端が、ターゲット３４による仮想スパッタ粒子飛行領域と、マイクロ波ガン３７による仮想マイクロ波照射領域との重複領域に入り込んだ時点で、上記した制御系により、カソード電源の作動による成膜工程とマイクロ波電源の作動による酸化工程とをそれぞれ所定時間ずつ交互に繰り返して行う。そして、基板３９の後端が、上記の重複領域を通り抜けた時点で両工程を終了する。両工程中では、アルゴンガス導入口３６近傍から主排気口６３方向にアルゴンガス流が確立される。酸素ガス導入口３８から導入される酸素ガスは、マイクロ波電源の作動によりマイクロ波に励起されて

酸素プラズマとして基板３９方向に照射されるものを除いて、上記したアルゴンガス流に合流して主排気口６３から排出されている。

【００４６】

このため、ターゲットの酸化や基板近傍の酸素分圧の増加などによる成膜速度の変化や膜質の変化の防止が可能となり、さらに、これにより、金属種堆積モード特有の比較的高い成膜速度が確保されるのは図５の薄膜形成装置５０の場合と同様である。さらに、図外の制御系により、酸素ガス排出口４０及び主排気口６３の排気コンダクタンスを適宜調整してターゲットの酸化防止を確実に行うことなども同様である。

【００４７】

また、本実施の形態においては、形成される薄膜をSiO_2膜としたが本発明はこれに限定されるものでなく、TiO_2膜やTa_2O_5膜などを形成するものとしても良いことは言うまでもない。これらの場合は、ターゲット３４の材質にＴｉやＴａを用いることになる。

【００４８】

さらに、本実施の形態において、酸化膜を形成するものとしたが、本発明はこれに限定せず例えば窒化膜などの成膜に適用しても良い。

【００４９】

【実施例】

［実施例１］図３で示す装置３０において、ターゲット３４及びカソード３５に直径４インチのＳｉカソードを用いた。そして、装置３０内を０．３Ｐａでの定常圧力を保ちながら、記憶された参照データに基づいた制御系の指示により、スパッタガス導入口３６よりのアルゴンガス流量を１００ｓｃｃｍとし、酸素ガス導入口３８よりの酸素ガス流量を５０ｓｃｃｍとした。ＤＣ電源によりＳｉカソード３５へ１ｋＷの電力投入を行ったうえで出力待機状態とし、マイクロ波電源により０．５ｋＷの電力投入を行ったうえでマイクロ波プラズマの照射を出力待機状態とした。

【００５０】

そして、上記の制御系により、カソード電源の作動による成膜工程を、０．０

５秒オンとこれに続く０．０４秒オフとで設定し、マイクロ波電源の作動による酸化工程を、０．０２秒オンとこれに続く０．０７秒オフとで設定し、両工程を交互に繰り返した（図７参照）。このとき、１回の成膜工程にてＳｉ金属膜の膜厚は２Å成長した。そして、両工程の繰り返しを６０分間続けたところ、１２μｍの膜厚に成長した。

【００５１】

このときの薄膜を精査した結果、アモルファス膜構造であることが分った。また、この薄膜の赤外領域における光学特性を測定した結果、屈折率１．４６及び消衰係数3×10^{-4}の良好な光学薄膜（SiO_2膜）であった。

【００５２】

[比較例] 酸素ガス導入口３８よりの酸素ガス流量を変更した以外は、[実施例１]と同様にして薄膜（SiO_2膜）を形成した。

【００５３】

このときの各酸素ガス流量において、図３の装置３０内のイオンゲージ設置場所Ａ及びＢでの圧力測定値を下記[表１]に示す。

【００５４】

【表１】

Ar流量 (sccm)	O_2流量 (sccm)	I/G A (Pa)	I/G B (Pa)
100	0	0.28	0.1
100	25	0.29	0.2
100	50	0.30	0.3
100	100	0.40	0.5
100	150	0.60	0.8

【００５５】

[表１]より、酸素ガス流量が５０ｓｃｃｍ以下であると、イオンゲージ設置場所Ａ及びＢの差圧を十分に確保できていることが分る。これは、アルゴンガス流がアルゴンガス導入口３６近傍から主排気口４３方向に確立され、アルゴンによる酸素ガスの遮蔽効果が十分発揮されることを示す。

【００５６】

［実施例１］と［比較例］との比較検討により、本発明の薄膜形成装置を用いた成膜方法では、アルゴンガス流による酸素ガスの遮蔽効果が発揮され、金属ターゲット表面状態のまま薄膜の堆積が行われ、この堆積膜に対し酸化反応が浸透して結果的に酸化膜として形成されたことが推測される。即ち、金属膜形成時の大きな成膜速度を保って成膜が進行するため、本発明方法により、比較的高速の成膜が可能であると言える。

【００５７】

［実施例２］図５で示す装置５０において、ターゲット３４及びカソード３５に５×１６インチのＳｉカソードを用い、スパッタ成膜室５０内を０．３Ｐａの定常圧力に保ちながら、記憶された参照データに基づいた制御系の指示により、スパッタガス導入口３６よりのアルゴンガス流量を１００ｓｃｃｍとし、酸素ガス導入口３８よりの酸素ガス流量を５０ｓｃｃｍとした。ＤＣ電源によりＳｉカソード３５へ５ｋＷの電力投入を行ったうえで出力待機状態とし、マイクロ波電源により２．０ｋＷの電力投入を行ったうえでマイクロ波プラズマの照射を出力待機状態とした。

【００５８】

そして、上記の制御系により、カソード電源の作動による成膜工程を、０．０５秒オンとこれに続く０．０４秒オフとで設定し、マイクロ波電源の作動による酸化工程を、０．０２秒オンとこれに続く０．０７秒オフとで設定し、両工程を交互に繰り返し（図７参照）、［実施例１］と同様に、１回の成膜工程にてＳｉ金属膜の膜厚を２Å成長させるようにした。そして、この状態で、基板３９の搬送キャリア（図示せず）を速度１ｍ／ｍｉｎ．で搬送させながら成膜を行った。このときの薄膜を精査した結果、アモルファス膜構造であることが分った。また、この薄膜の赤外領域における光学特性を測定した結果、屈折率１．４６及び消衰係数3×10^{-4}の良好な光学薄膜（SiO_2膜）であった。

【００５９】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明の薄膜形成装置を用いて、基板上に化合物膜の成膜を行うと、スパッタガス流による反応ガスの遮蔽効果が得られ、反

応ガスが基板やターゲット近傍に残留するのを抑制した状態で、成膜工程と反応工程とが進行する。そして、スパッタガス及び反応ガスを供給し続けた状態でも、成膜工程においては金属種の成膜時特有の高い成膜速度で成膜が行われ、反応工程においては適量の反応ガスを用いて、膜厚方向の全体に亘って反応が行われ、この結果、所望の膜質の薄膜を効率的に行うことができる。また、アルゴンガス流によりスパッタ源と反応ガス源とが分離されるので、成膜安定性に優れた静止基板成膜方式を用いることができる。このような成膜方式は装置構成が簡素になり、コスト低減も可能になる。

【００６０】

さらに、インライン式装置に転用した場合、固定成膜のみならず通過成膜も可能であり、このような装置に搭載することにより、成膜の高効率化にも対応可能である。

【図面の簡単な説明】

【図１】カルーセル式による従来の薄膜形成装置の略断面図

【図２】基板回転式による従来の薄膜形成装置の略断面図

【図３】本発明の薄膜形成装置の第１態様の略断面図

【図４】アルゴンガス所定流量下での酸素ガス流量と成膜速度との相関を示すグラフ図

【図５】本発明の薄膜形成装置の第２態様の略断面図

【図６】本発明の薄膜形成装置の第３態様の略断面図

【図７】成膜工程及び酸化工程の工程サイクル図

【符号の説明】

１０　２０　３０　５０　６０　　薄膜形成装置

１４　２４　３４　　ターゲット

１５　２５　３５　　スパッタカソード

１６　２６　３６　　スパッタガス導入口

１７　２７　３７　　マイクロ波プラズマ発生装置（マイクロ波ガン）

１８　２８　３８　　反応ガス導入口

１９　２９　３９　　基板

４０　反応ガス排出口

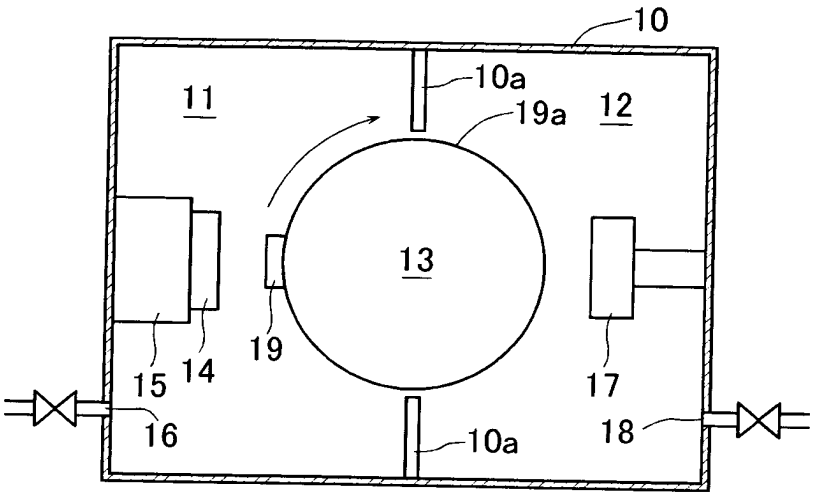
４１　第１コンダクタンスバルブ（コンダクタンス調整弁）

４２　５２　６２　第２コンダクタンスバルブ（コンダクタンス調整弁）

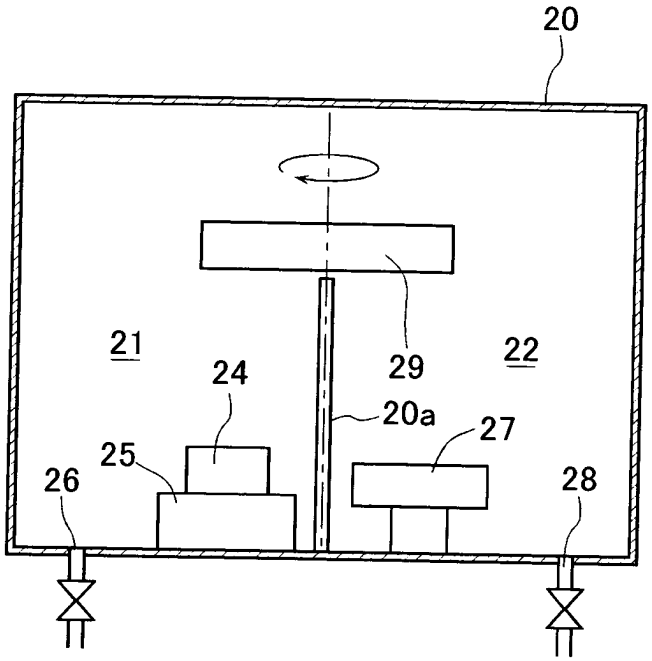
４３　５３　６３　主排気口

【書類名】図面

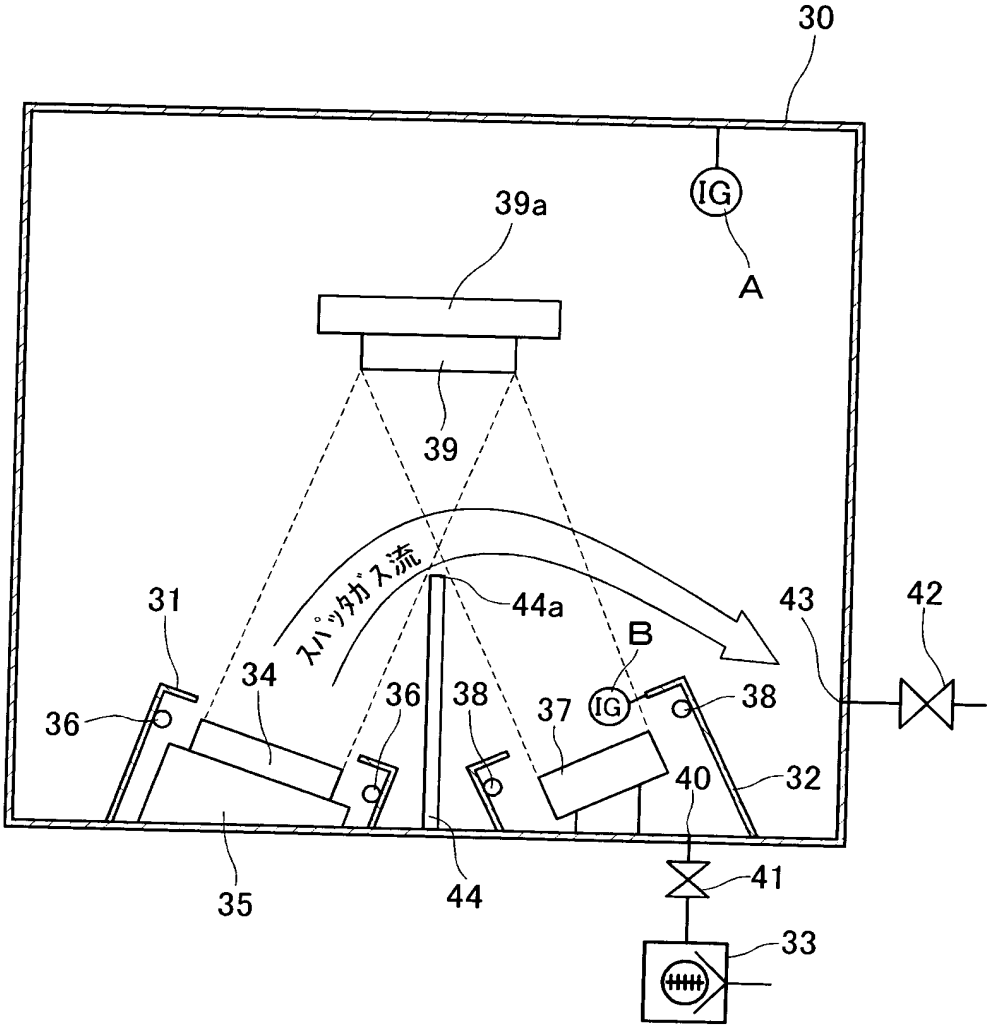
【図１】


10
10a
11
19a
12
13
19
15
14
17
16
10a
18

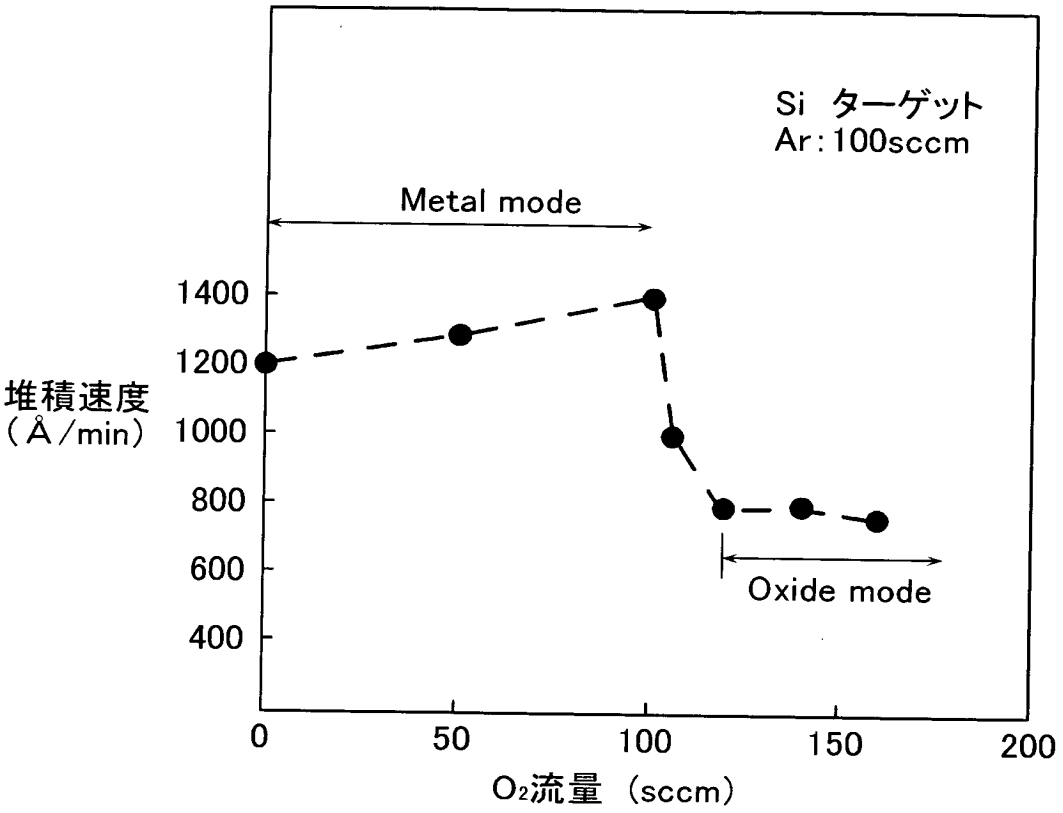
【図２】


20
21
24
29
22
20a
27
25
26
28

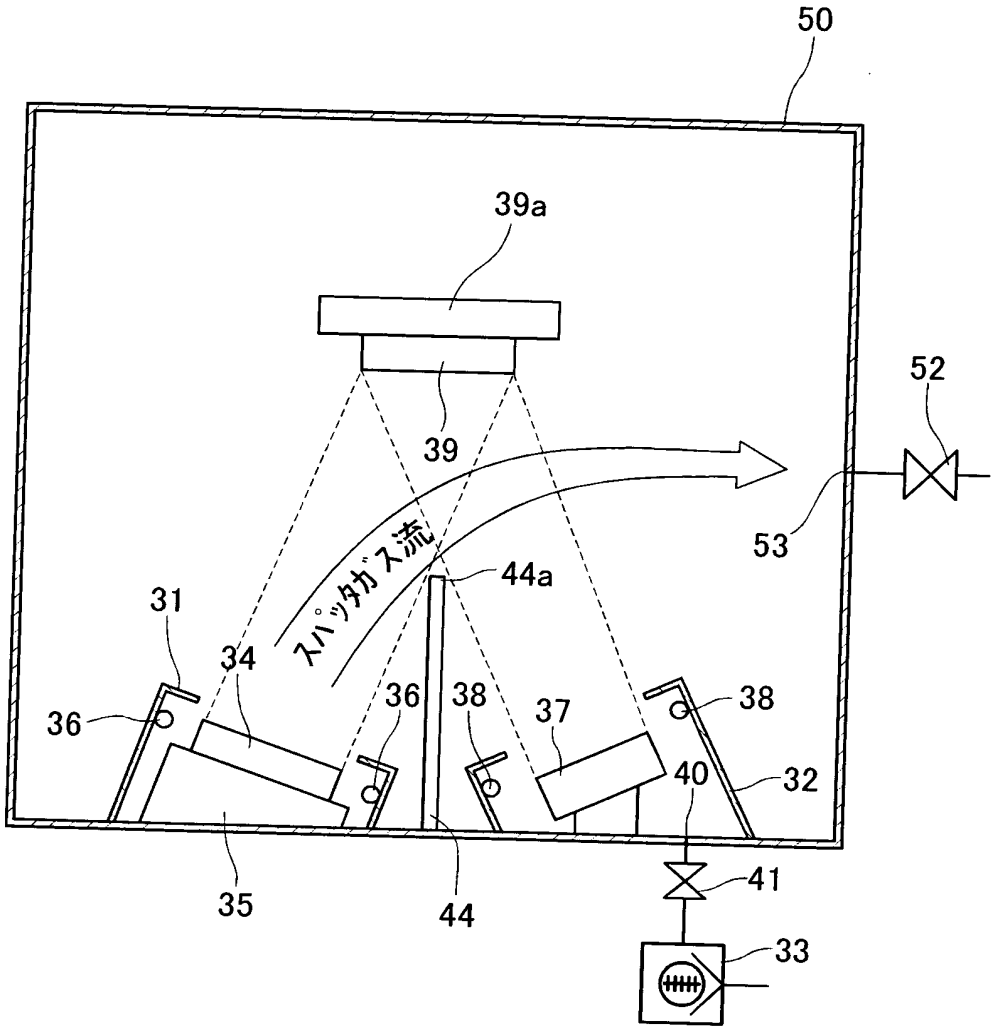
【図３】


30
IG
A
39a
39
スパッタガス流
44a
31
34
36
36
38
37
IG
B
38
43
42
40
32
41
33
35
44

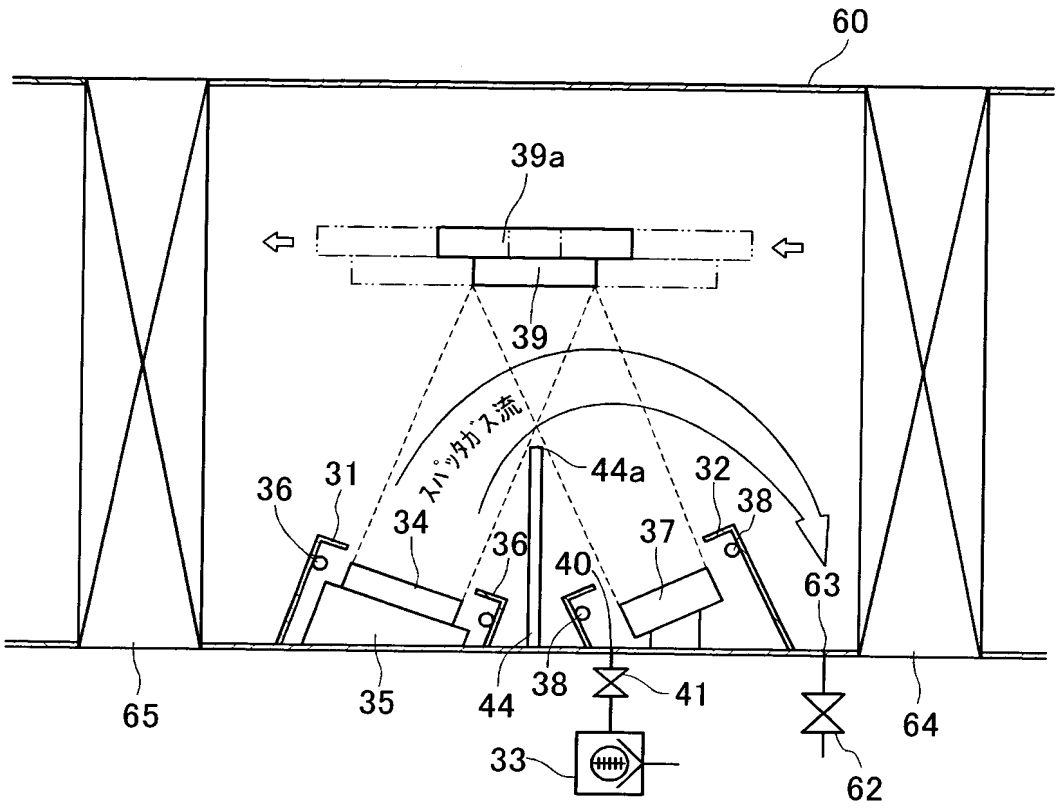
【図４】


Si ターゲット
Ar:100sccm
Metal mode
Oxide mode
堆積速度
(Å/min)
1400
1200
1000
800
600
400
0
50
100
150
200
O2流量 (sccm)

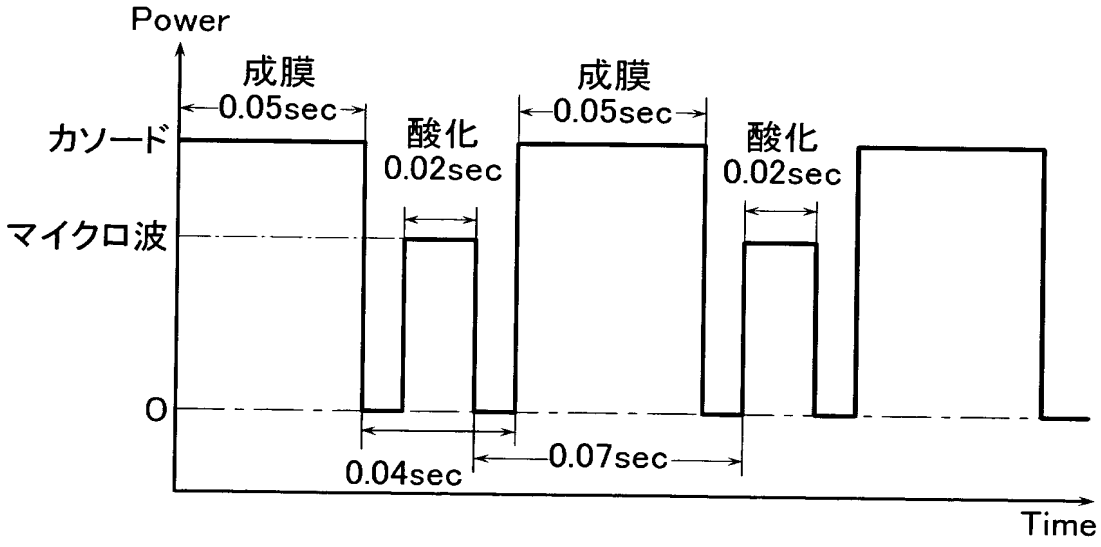
【図５】



【図６】


60
39a
39
ｽﾊﾟｯﾀｶﾞｽ流
36
31
34
36
44a
40
32
38
37
63
65
35
44
38
41
64
33
62

【図７】


Power
成膜
0.05sec
酸化
0.02sec
成膜
0.05sec
酸化
0.02sec
カソード
マイクロ波
0
0.04sec
0.07sec
Time

【書類名】要約書

【要約】

【課題】信頼性に優れた成膜を効率的に行い得る薄膜形成装置及びこれを用いたときの薄膜形成方法を提供する。

【解決手段】ともに基板３９に対向するターゲット３４とマイクロ波ガン３７との両原料供給源を真空室３０内に設け、主排気口４３を両原料供給源のうちマイクロ波ガン３７寄りに配設し、酸素ガス導入口３８と酸素排出口４０とを近設したマイクロ波ガン３７を作動させる反応工程とアルゴンガス導入口３６を近設したスパッターゲット３４を作動させる成膜工程とを交互に行う制御系を備え、この制御系により、あらかじめ、所定のアルゴンガス流量における酸素ガス流量と、該酸素ガス流量に応じて高速金属種成膜モードと低速化合物種成膜モードと中間成膜モードとの高中低速３モードから成るスパッタ成膜速度とを参照データとして記憶し、所定のアルゴンガス流量下の成膜時に、高速金属種成膜モードに対応する酸素ガス流量とアルゴンガス流量とを選択し、該選択された酸素ガス及びアルゴンガスの両ガス流量比を保つように該両ガス流量を制御する。このとき、成膜工程中の膜厚成長を、一成膜工程あたり２０Å以下に留めることが望ましい。

【選択図】図３

特願２００２－３０１９６１

出願人履歴情報

識別番号　［０００２３１４６４］

１．変更年月日　２００１年　７月１８日
［変更理由］　名称変更
住　所　神奈川県茅ヶ崎市萩園２５００番地
氏　名　株式会社アルバック